

# O POTENCIAL HIDROGEOLÓGICO DO GRUPO BAURU NO ESTADO DE SÃO PAULO

**José Luiz Galvão de Mendonça<sup>1</sup> & Thereza Mitsuno Cochar Gutierre<sup>1</sup>**

**Resumo** - Os aquíferos pertencentes ao Grupo Bauru, ocorrem na região centro-oeste do Estado de São Paulo e, em função do seu potencial hidrogeológico, representam uma das bases para o desenvolvimento econômico e social desta região.

Neste estudo é realizada uma análise da potencialidade destes aquíferos, baseado em informações de 271 poços profundos, onde procurou-se caracterizar os aspectos geológicos, hidrogeológicos, o seu potencial de utilização, as outorgas requeridas com relação à implantação de empreendimentos, licenças de perfuração e direito de uso do recurso hídrico subterrâneo, e os volumes outorgados, além dos aspectos hidrogeoquímicos e qualidade da água.

Como recomendação, enfatiza-se novamente a necessidade de medidas visando a proteção dos aquíferos com relação aos aspectos de super-exploração e de poluição, visando a manutenção do seu potencial de exploração com a sua excelente qualidade físico-química e bacteriológica. Para isto, entende-se como necessária, além da legislação de recursos hídricos existentes e da atuação da fiscalização, a divulgação do conhecimento técnico e o esclarecimento da população visando a preservação deste enorme manancial de água doce existente no Estado de São Paulo.

**Palavras-chave** - Potencial Hidrogeológico, Grupo Bauru.

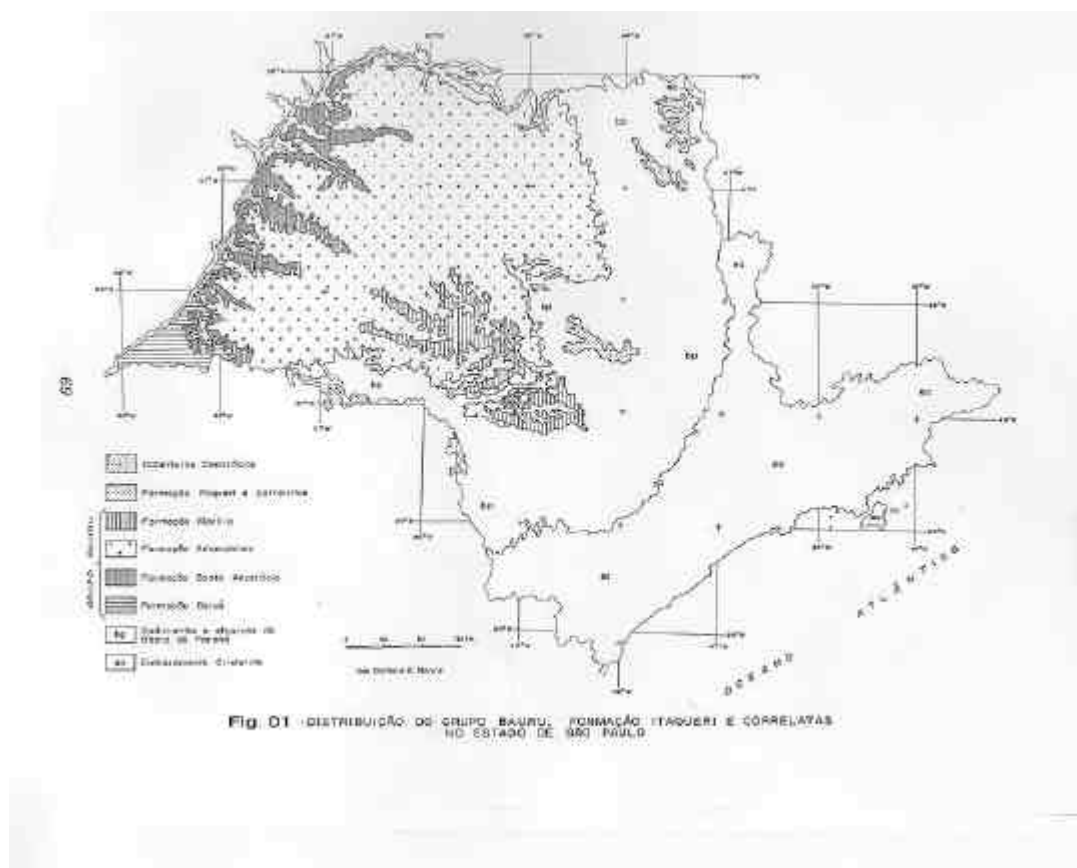
## **INTRODUÇÃO**

O Grupo Bauru, pertencente à Bacia Sedimentar do Paraná, é de idade mesozóica, engloba quatro formações geológicas (Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília) e aflora em grande parte da região centro-oeste do Estado de São Paulo, abrangendo uma

---

<sup>1</sup>Av.Capitão Noray de Paula e Silva, 135 - Jd. Panorama - Araraquara - S.P.- Fone/Fax: ( 016 ) 232.3088

área de 102.000 km<sup>2</sup>, o que corresponde a aproximadamente 40% da área total do Estado ( fig. 1 )



Importantes cidades do interior paulista localizam-se nesta região, tais como Bauru, Araraquara, São José do Rio Preto, Marília, Araçatuba e Presidente Prudente, todas com população superior a 180.000 habitantes, além de centenas de outras, que tem na utilização das águas subterrâneas dos aquíferos pertencentes ao Grupo Bauru, uma das bases para o seu desenvolvimento, em função da fácil perfurabilidade e grande volume de água armazenada, uma vez que o Grupo Bauru é aflorante nesta região e constitui-se de rochas sedimentares porosas e permeáveis, fatores que facilitam a sua utilização.

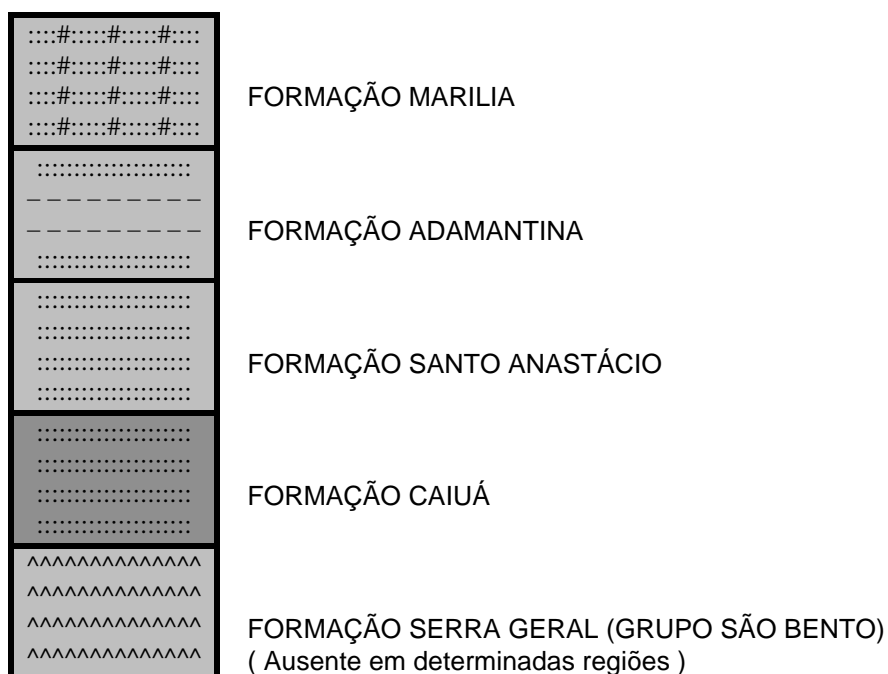
Este estudo, baseado em informações de 271 poços tubulares profundos distribuídos em 11 UGRHs ( Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos ), procura mostrar a importância do Sistema Aquífero Bauru, o seu potencial de exploração, além de enfatizar a necessidade de medidas de proteção visando coibir a super-exploração e poluição desta importante reserva de água doce do Estado de São Paulo. O mapa de isóbatas do topo da Formação Serra Geral ( Grupo São Bento ), resultante do estudo é apresentado em separado em função da escala ( 1:500.000 ) e possibilita a determinação

da espessura do Grupo Bauru em qualquer região do estado, desde que se conheça a cota topográfica, auxiliando na elaboração de futuros projetos de poços tubulares profundos.

## ASPECTOS GEOLÓGICOS

Para este estudo, foi considerada a divisão estratigráfica adotada pelo IPT em 1981 ( Mapa Geológico do Estado de São Paulo ), de acordo com proposta de Soares et alli (1980), por entender que é a mais aceita e difundida no meio técnico.

### Perfil Estratigráfico do Grupo Bauru



Assim, as formações geológicas pertencentes ao Grupo Bauru, são as seguintes:

### FORMAÇÃO CAIUÁ

Constituída predominantemente por arenitos de coloração arroxeadada, com marcante estratificação cruzada de grande porte, tangencial na base de granulação fina a média, bem selecionados ao longo da mesma lâmina ou estrato, com grãos arredondados e subarredondados. A composição dos arenitos apresenta quartzo, feldspato, calcedônia e opacos, definindo-se tipos quartzosos ocasionalmente com caráter subarcosiano. É muito

comum ocorrer pequena quantidade de matriz fina, enquanto só ocasionalmente se apresenta cimento carbonático ou silicoso.

A Formação Caiuá aflora no extremo sudoeste do Estado de São Paulo, na região do Pontal do Paranapanema, estendendo-se para norte por uma estreita faixa na margem esquerda do Rio Paraná, mapeável até a confluência com o Rio Peixe. Tem continuidade pelos Estados do Paraná e Mato Grosso do Sul e a sua espessura máxima conhecida é de 200 metros.

### **FORMAÇÃO SANTO ANASTÁCIO**

Esta formação é caracterizada pela ocorrência de arenitos marrom-avermelhados a arroxeados, de granulação fina a média, seleção geralmente regular a ruim, com grãos arredondados a sub-arredondados, cobertos por película limonítica.

Mineralógicamente constituem-se essencialmente de quartzo, ocorrendo subordinadamente feldspatos, calcedônia e opacos. Caráter subarcosiano é freqüente. Localmente ocorrem cimento e nódulos carbonáticos preservados, sendo comum orifícios atribuídos à dissolução destes nódulos. As estruturas sedimentares são muito pouco pronunciadas.

Predominam bancos maciços com espessuras métricas e decimétricas, ocorrendo também incipiente estratificação plano-paralela ou cruzada.

A Formação Santo Anastácio ocorre em áreas que acompanham as cotas mais baixas dos vales dos rios afluentes do Paraná, no Oeste do Estado. A espessura máxima varia de 80 a 100m.

### **FORMAÇÃO ADAMANTINA**

É constituída por um conjunto de fácies cuja principal característica é a presença de bancos de arenitos de granulação de fina a muito fina, cor de róseo a castanho, portando estratificação cruzada, com espessuras variando entre 2 a 20 metros, alternados com bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, de cor castanho-avermelhado a cinza-castanho, maciços ou com acamamento plano-paralelo grosseiro, freqüentemente com marcas de onda a micro-estratificação cruzada ( Soares et alii, 1980 ).

São comuns a ocorrência de eixos de argilito da própria unidade, cimento e nódulos carbonáticos. O contato inferior da Formação Adamantina normalmente se dá com a Formação Santo Anastácio, ou diretamente com o embasamento basáltico.

Ocorre por vasta extensão do oeste do Estado de São Paulo, constituindo os terrenos da maior parte do Planalto Ocidental, só deixando de aparecer nas porções mais rebaixadas dos vales dos principais rios, onde já foi removida pela erosão. A espessura desta formação chega a atingir 190m.

## **FORMAÇÃO MARÍLIA**

É constituída por arenitos grosseiros a conglomeráticos, com grãos angulosos, teor de matiz variável, seleção pobre, ricos em feldspatos, minerais pesados e minerais instáveis; ocorre em bancos com espessura média entre 1 e 2 metros, maciços ou com acabamento incipiente, subparalelo e descontínuo, raramente apresentando estratificação cruzada de médio porte, com seixos concentrados nos estratos cruzados, raras camadas descontínuas de lamitos vermelhos e calcários são encontrados ( Soares et alii, 1980 ).

São ainda características da unidade os nódulos carbonáticos, que aparecem dispersos nos sedimentos, ou concentrados em níveis ou zonas. Cimento carbonático também é muito freqüente.

A Formação Marília ocorre na porção centro sul do Estado, entre os médios vales dos rios Tietê e Paranapanema e sua espessura máxima atinge 180m.

Em grande parte da sua área de ocorrência, principalmente na região oeste do Estado de São Paulo, o contato basal do Grupo Bauru é com as rochas da Formação Serra Geral ( Grupo São Bento ). Esta formação é constituída por rochas vulcânicas toleíticas de coloração cinza-escuro a negra, textura afanítica. Em alguns locais, na região central do Estado, o contato se dá diretamente com as Formações Botucatu ou Pirambóia ( Grupo São Bento ), ambas predominantemente arenosas.

## **ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS**

As três formações geológicas mais antigas do Grupo Bauru ( Formação Caiuá, Formação Santo Anastacio e Formação Adamantina ) constituem unidades aquíferas independentes quando ocorrem isoladamente ou como um sistema quando duas ou mais unidades aquíferas são exploradas conjuntamente, sendo difícil de serem identificadas separadamente, sendo que a Formação Marília, a mais recente, comporta-se praticamente como um aquífero quando explorada isoladamente. Dos 271 poços profundos utilizados no estudo, 94 ( 35% ) possuem uma descrição genérica, referindo-se apenas ao Grupo Bauru e, conseqüentemente ao Sistema Aquífero Bauru e 177 ( 65% ), referem-se especificamente às formações geológicas do Grupo Bauru, e assim, aos

aqüíferos correspondentes. As vazões mais elevadas foram obtidas em Andradina ( 80 m<sup>3</sup>/h ), Castilho ( 70 m<sup>3</sup>/h ) e Presidente Venceslau ( 70 m<sup>3</sup>/h ) e poços que exploram dois e até 3 aqüíferos pertencentes ao grupo Bauru, caracterizando o sistema Aqüífero Bauru. As maiores espessuras deste sistema aqüífero foram constatadas em Monte Alto ( 227m), Marília ( 240m) e Vera Cruz ( 263m)

Cada aqüífero possui características hidrodinâmicas próprias, em função de sua constituição litológica, relações de contato e espessuras.

Quando o aqüífero atinge a Formação Serra Geral ( Grupo São Bento ) subjacente, que é composto por rochas vulcânicas toleíticas de coloração cinza-escura a negra, pode, caso esta esteja fraturada, ocorrer a transmissão de água da formação sedimentar para a ígnea, ou vice-versa.

### **AQÜÍFERO CAIUÁ**

Em função de sua composição litológica predominantemente arenosa, constitui-se em um dos melhores aqüíferos do Estado de São Paulo, podendo fornecer vazões da ordem de 120 m<sup>3</sup>/h.

Suas principais características hidrodinâmicas são, em média, as seguintes:

$$T = 100 \text{ à } 300 \text{ m}^2/\text{dia}$$

$$Q/s = 1 \text{ à } 4 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$$

$$Q = 80 \text{ a } 120 \text{ m}^3/\text{h}$$

### **AQÜÍFERO SANTO ANASTÁCIO**

Embora a sua constituição litológica favoreça o armazenamento e transmissão de águas subterrâneas, por ser predominantemente arenosa, este aqüífero, isoladamente, possui poucas informações no estudo em função de sua pequena espessura.

As suas principais características hidrodinâmicas são, em média, as seguintes:

$$Q = 5 \text{ à } 20 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q/s = 0,3 \text{ à } 1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$$

$$T = 20 \text{ à } 200 \text{ m}^2/\text{dia}$$

### **AQÜÍFERO ADAMANTINA**

Em função de sua constituição litológica, na qual bancos de arenitos intercalam-se com bancos de siltitos ou arenitos lamíticos, constitui um aqüífero que fornece, em geral,

baixos valores hidrodinâmicos, tendo a sua produtividade relacionada à espessura das camadas arenosas atravessadas.

Suas principais características hidrodinâmicas são, em média, as seguintes :

$$Q = 5 \text{ à } 50 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q/s = 0,5 \text{ à } 3 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$$

$$T = 10 \text{ à } 100 \text{ m}^2/\text{dia}$$

## **AQÜÍFERO MARÍLIA**

A ocorrência de arenitos grosseiros e imaturos, com abundantes nódulos e cimento calcífero e bancos de arenitos finos intercalados com lamitos e siltitos, conferem ao aquífero baixos valores hidrodinâmicos, quando explorados isoladamente, sendo considerado inclusive como aquífero por alguns autores.

Suas principais características hidrodinâmicas são, em média, as seguintes :

$$Q/s = 0,1 \text{ à } 1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$$

$$T = 10 \text{ à } 50 \text{ m}^2/\text{dia}$$

## **A UTILIZAÇÃO DOS AQÜÍFEROS**

Para fins de legislação, o Estado de São Paulo foi dividido em 22 unidades de gerenciamento de recursos hídricos, sendo que, na área de ocorrência da Bacia Sedimentar do Paraná, na região centro-oeste do Estado, verifica-se a maior utilização de águas subterrâneas, de acordo com levantamento executado para o Plano Estadual de Recursos Hídricos. (Tab. I )

A análise dos requerimentos de outorgas de direito de uso mostra que o uso sanitário/doméstico ( residências, condomínios, escolas e hospitais ), é o mais solicitado, vindo a seguir os usos urbano ( prefeituras, serviços de água e empresas de loteamento ) , comércio e serviços ( postos de gasolina , hotéis , lavagem de carros ) , industrial/sanitário ( processamento , manutenção e limpeza geral ) , lazer e paisagismo ( clubes, chácaras de recreio e termas ) e , finalmente , o uso solicitado para irrigação e dessentação de animais foi o que apresentou menor quantidade de solicitação de outorgas.

UGRHi	Água Subterrânea	Água Superficial	Misto
01-Mantiqueira	-	100	-
02-Paraíba do Sul	16,3	62,80	20,90
03-Litoral Norte	14,3	85,70	-
04-Pardo	42,50	17,50	40,00
05-Piracicaba/Capivari/Jundiaí	13,60	72,80	13,60
06-Alto Tietê	26,90	69,20	3,90
07-Baixada Santista	8,30	91,70	-
08-Sapucaí/Grande	38,50	34,60	26,90
09-Mogi-guaçu	7,00	86,00	7,00
10-Tietê Sorocaba	7,40	92,60	-
11-Ribeira do Iguape e Litoral Sul	36,90	49,10	14,00
12-Baixo Pardo Grande	23,10	23,10	53,80
13-Tietê/Jacaré	44,40	29,80	29,80
14-Alto Paranapanema	18,90	70,30	10,80
15-Turvo Grande	79,10	4,20	16,70
16-Tietê-Batalha	75,60	13,60	11,40
17-Médio e Pontal e Paranapanema	55,50	27,80	16,70
18-são José dos Dourados	78,60	10,70	10,70
19-Baixo Tietê	78,60	11,90	9,50
20-Aguapeí	91,30	6,50	2,20
21-Peixe	67,40	15,20	17,40

**TAB I. VAZÕES CAPTADAS POR TIPO DE MANANCIAL NO ABASTECIMENTO PÚBLICO NO ESTADO DE SÃO PAULO ( EM % )**

De acordo com este levantamento, verifica-se que as UGRHIs de nºs 08, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21, localizadas na área de ocorrência do Grupo Bauru, são as que apresentam as maiores utilizações do recurso hídrico subterrâneo, embora outros aquíferos ( principalmente os aquíferos Botucatu, Pirambóia e Serra Geral ) também sejam bastante explorados nesta região, constituindo o Aquífero Gigante do Mercosul. As outras UGRHIs, localizadas sobre rochas ígneas metamórficas ou sobre bacias



sedimentares de menor porte, não apresentam grande produtividade de águas subterrâneas.

## RESERVA TOTAL E VOLUMES OUTORGADOS

A reserva total de um aquífero ou sistema aquífero constitui a totalidade de água existente no meio ( Costa, 1977 ). Para o cálculo da reserva total dos aquíferos pertencentes ao Grupo Bauru, foram utilizados a sua área de ocorrência no Estado de São Paulo ( 102.000 km<sup>2</sup> ), a média da espessura saturada calculada a partir das informações de 90 poços ( 95,4m ) e a porosidade efetiva considerada como 10%, o que resultou em um volume de  $9,73 \times 10^{11}$  m<sup>3</sup> de água armazenada nestes aquíferos. Como neste estudo procurou-se estudar o potencial do Grupo Bauru como um todo, foi pressuposto neste cálculo, que o Sistema Aquífero Bauru possua uma uniformidade litológica e hidrogeológica e que em sua base ocorram rochas impermeáveis. No entanto, em algumas regiões estas características apresentam variações significativas, além do que zonas de fraturas na Formação Serra Geral possam servir como conduto de água, não conferindo ao substrato basal condições de impermeabilização.

Os volumes outorgados por UGRHs ( a partir de 1996 ) são os seguintes:

AQUÍFERO					
UGRHI	ADAMANTINA	MARÍLIA	STO ANASTÁCIO	CAIUÁ	BAURU
09					
12					
13	11,80	NR	NR	NR	96,67
15	277,84	NR	25,00	NR	779,91
16	144,00	NR	NR	NR	89,00
17	1,80	NR	NR	NR	NR
18	NR	NR	NR	NR	NR
19	8,00	NR	NR	NR	47,90
20	NR	NR	NR	NR	177,40
21	86,60	31,00	NR	15,00	170,80
22	NR	NR	NR	374,00	105,00

\* O termo Aquífero Bauru é utilizado quando há desconhecimento de qual formação geológica é explorada, ou quando duas ou mais formações geológicas são exploradas conjuntamente.

\*\* NR - outorga não requerida.

**TAB II. VOLUMES OUTORGADOS PARA O DIREITO DE USO POR UGRHI ( m<sup>3</sup>/h )  
( DE 1996 ATÉ 10/1999 )**

## **QUALIDADE QUÍMICA-HIDROGEOQUÍMICA**

As águas do Sistema Aquífero Bauru são classificadas como bicarbonatadas cálcicas, secundariamente magnesianas ou sódicas e bicarbonatadas sódicas, secundariamente cálcicas de acordo com a classificação feita por intermédio dos diagramas de Schoeller - Berkaloff e de Piper para o Estudo de Águas Subterrâneas das Regiões Administrativas 7, 8 e 9 realizado pelo DAEE em 1976. No mesmo estudo realizado nas Regiões Administrativas 10 e 11, constatou-se a predominância de dois grandes grupos químicos para o Aquífero Bauru / Caiuá, que são:

- águas fortemente bicarbonatadas, cálcicas e calco-magnesianas e
- águas fracamente bicarbonatadas, calco-magnesianas.

A divisão destes grupos salinos dentro da área em estudo relaciona as águas com teores salinos mais elevados aos domínios geomorfológicos de maiores altitudes, correlacionando-os às fácies de acordo com a classificação da época, da Formação Bauru Médio e Superior.

As águas que apresentam menores concentrações salinas, (praticamente desmineralizadas), são características de domínios geomorfológicos mais baixos, correspondendo ao domínio de ocorrência do Bauru Inferior e do Caiuá, de acordo com a classificação da época.

O baixo teor de sais nas águas subterrâneas, característica da região sudeste do Estado de São Paulo é interpretada como resultado da atuação combinada de dois fatores: a taxa pluviométrica elevada na região e a drenagem dos aquíferos que se processa preferencialmente segundo trajetos relativamente curtos.

O pH das águas varia de 7,0 a 8,0 para o Aquífero Caiuá, de 5,5 a 6,5 para o Aquífero Santo Anastácio, de 5,3 a 10,3 para o Aquífero Adamantina e de 6,6 a 6,7 para o Aquífero Marília.

De uma maneira geral, a qualidade das águas dos aquíferos pertencentes ao Grupo Bauru é classificada como excelente para o consumo humano, animal e para os usos industrial e agrícola, com algumas exceções localizadas. Das análises físico-químicas e bacteriológicas encaminhadas para o processo de outorga do direito de uso do recurso hídrico, como documento obrigatório, constatou-se que, principalmente nas regiões de São José do Rio Preto e Catanduva, a maioria apresenta teores de nitratos elevados,

evidenciando que os poços não possuem uma proteção sanitária eficiente, e também, possivelmente em função de contaminação de águas superficiais.

## **CONCLUSÃO**

Os aquíferos pertencentes ao Grupo Bauru possuem uma grande importância para o desenvolvimento econômico e social em sua área de ocorrência, na região oeste do Estado de São Paulo, representando a principal fonte de abastecimento de água para dezenas de municípios localizados nesta região.

Uma vez evidenciada a importância destes aquíferos, deve-se enfatizar também as medidas de gerenciamento necessárias para a manutenção do seu potencial de exploração e da qualidade físico-química da água.

Assim, em regiões onde existe a tendência de super-exploração dos aquíferos, deverão ser priorizadas as medidas de controle de novas perfurações e das vazões extraídas evitando a interferência nas reservas permanentes. A conscientização dos usuários de água, perfuradores e técnicos em geral também é importante para a proteção da qualidade da água dos aquíferos. As normas técnicas de perfuração de poços, principalmente as relativas à proteção sanitária deverão ser seguidas, embora impliquem em um aumento do orçamento da obra.

Somente com medidas conjuntas entre o meio técnico e os usuários de água poderão ser adotadas medidas protecionistas visando a manutenção da qualidade da água e do enorme potencial de exploração desta importante reserva de água doce existente no Estado de São Paulo.

## **REFERÊNCIAS**

1. COSTA, W.D. Avaliação de Reservas, Potencialidade e disponibilidade de aquíferos. In : Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas,X, São Paulo, ABAS , setembro , 1988.
2. CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Plano Estadual de Recursos Hídricos: primeiro plano do Estado de São Paulo, DAEE, 140p., 1990.
3. DAEE. Estudos de Águas Subterrâneas, Regiões Administrativas 06, 07, 08, 09, 10 e 11, Divisão de Planejamento de Recursos Hídricos, São Paulo, 1974 à 1979.
4. FEITOSA, F.A.C., Filho, J.M.. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID - UFPE, 1997. 412p.
5. IPT. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. São Paulo, 1981. 125p.

6. GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, Lei nº 9034 de 27 de dezembro de 1994, Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Obras. Departamento de Águas e Energia Elétrica, São Paulo, 29p., março de 1995.
7. MEZZALIRA, S. Contribuição ao conhecimento da estratigrafia e paleontologia do arenito Bauru. São Paulo: Secretaria da Agricultura, Instituto Geográfico e Geológico, Boletim nº 51, 1974. 163p.
8. NETO, M.B. O Grupo Bauru na Região Centro - Norte do Estado de São Paulo. São Paulo: Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1984. 106p.
9. SOARES, P.C., LANDIM. P.M.B., FULFARO, V.J. e NETO, A.F.S., Ensaio de caracterização estratigráfica do cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v.10, n.3, pg 170-185, setembro, 1980.
10. SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA - NÚCLEO SÃO PAULO. A Formação Bauru no Estado de São Paulo e regiões adjacentes - Mesa Redonda. São Paulo, 1980. 129p.